

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Racionalizace obrábění náboje kola
Rationalization of the Machining of the Hub

Student:

Ondřej Grúz

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

2016

Zadání bakalářské práce

Student: **Ondřej Grúz**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Racionalizace obrábění náboje kola**
Rationalization of the Machining of the Hub

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika daného problému.
2. Problematika obrábění nábojů.
3. Návrh nové technologie obrábění vybrané součásti.
4. Diskuse experimentů.
5. Technicko - ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-248-1641-8.
[2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 2. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008, s. 150. ISBN 978-80-248-1822-1.
[3] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
[4] SHAW, Milton C. *Metal Cutting Principles*. 2nd edition. New York : Oxford University Press, 2005. 651. p. ISBN 0-19-514206-3.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.**


Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry





doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh
vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl
jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 16.5. 2016

Ondřej Grúz

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje kvalifikační práce budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jinému využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 16.5.2016

Ondřej Grúz

Podpis

Jméno a příjmení autora práce:
Adresa trvalého pobytu autora práce:

Ondřej Grúz
Kociánov 7, 78811 Loučná nad Desnou

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

GRÚZ, O. *Racionalizace obrábění náboje kola: bakalářská práce.*

Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2016, 42 s. Vedoucí práce: Vrba, V.

Bakalářská práce se zabývá racionalizací obrábění náboje kola firmy Velosteel Trading a.s., která se zaměřuje na povrchovou úpravu polotovaru a následné experimenty testující optimální posuvové rychlosti nástroje při soustružení. Úkolem bylo zlepšit kvalitu povrchu při obrábění a snížit náklady na výrobu. Bylo zjištěno, že povrchová úprava tryskání výkovek značně ovlivnila proces obrábění. Následný experiment na jednoúčelovém soustruhu byl zaměřen na posuv nástroje vůči obrobku. Pracovalo se ve stroji instalovaném frekvenčním měničem, který řídí celý proces obrábění. Z pokusů vyplývá, že při změně rychlostí posuvu od nejmenších k největším se vlastnosti obrobeného náboje výrazně měnily.

Klíčová slova: Náboj cyklistického kola, racionalizace obrábění, povrchová úprava, soustružení nahrubo, kvalita povrchu, experiment

ANNOTATION OF MASTER THESIS

GRÚZ, O. *Rationalization of the Machining of the hub: Bachelor Thesis.*

Ostrava: VŠB-Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, assembly and engineering metrology, 2016, 42 p. Thesis head: Vrba, V.

Bachelor thesis describes machining rationalization of hub of corporation Velosteel Trading, which is focusing on surface treatment of stock and consecutive experiments, which review optimal feed rate of machining tool in turning. Objective was improving of quality of surface during machining and decreasing of production costs. It was determined, that blasting forgings surface treatment considerably affects machining process. Consecutive experiment on dedicated lathe was focused on feed rate of machining tool in view to stock. It was working with frequency convertor, which was installed in central machining processing unit. Experiment shows that during change of feed rate from minimal to maximal properties of machined hub were decisive changed.

Key words: Hub with coaster brake, rationalization machining, finishing, turning rough, surface quality, experiment

Obsah

Seznam použitých zkratk.....	7
Úvod	8
1. Obecná charakteristika daného problému	9
1.1 Charakteristika náboje.....	9
1.2 Obecný technologický postup výroby.....	10
1.3 Materiál tělesa	16
1.4 Polotovar pro výrobu náboje	16
1.5 Obrobitelnost materiálu	16
1.6 Soustružení nahrubo.....	17
2. Problematika obrábění nábojů	17
2.1 Přesnost nastavení nástroje	18
2.2 Tepelné deformace při obrábění	18
2.3 Nástroj pro soustružení	19
2.4 Kvalita povrchu při hrubování	20
2.5 Soustřednost povrchu náboje s vnitřním otvorem	20
3. Návrh nové technologie obrábění vybrané součásti.....	21
3.1 Povrchová úprava před soustružením	21
3.1.2 Tryskání	22
3.2 Změna výkovku po povrchové úpravě	23
3.3 Obrábění výkovku.....	25
3.3.1 Frekvenční měnič MITSUBISHI FR-S520S-1	27
3.4 Posuvové rychlosti nástroje	27
4. Diskuze experimentů.....	29
4.1 Zkouška číslo 1	29
4.2 Zkouška číslo 2	30
4.3 Zkouška číslo 3	31
4.4 Zkouška číslo 4	31
4.5 Zkouška číslo 5	32
4.6 Zkouška číslo 6	33
4.7 Zkouška číslo 7	34
4.8 Zkouška číslo 8	34
4.9 Zhodnocení experimentů	35
5. Technicko-ekonomické zhodnocení	36
6. Závěr	37
7. Použitá literatura	39
Seznam obrázků	40
Seznam tabulek	41
Seznam grafů	41
Seznam příloh.....	42

Seznam použitých zkratek

a_p	hloubka řezu	[mm]
f	posuv	[m/min]
f_{ot}	posuv za otáčku	[mm/ot]
n	otáčky	[ot/min]
R_a	střední aritmetická odchylka	[μm]
R_e	mez kluzu	[MPa]
R_m	mez pevnosti	[MPa]
T	trvanlivost nástroje	[min]
t_{AS}	strojní čas	[min]
v_c	řezná rychlost	[m/min]
ν	frekvence	[Hz]
BDA	automatická bruska na otvory	
ČSN	česká státní norma	
JUS	jednouúčelový stroj	
VBD	vyměnitelná břitová destička	

Úvod

Bakalářská práce je externě zadána firmou VELOSTEEL TRADING a.s., která se zabývá výrobou zadního volnoběžného náboje s protišlapací brzdou. Je velmi oblíbenou a tradiční součástí cyklistických kol. Také se zabývá povrchovými úpravami Ni a Cr pro jiné odběratele.

Momentálně se udržuje cena výrobků srovnatelně s podobnými firmami, ačkoliv je nyní velká konkurence od firem z východních zemí. Kvalita výrobku a cena hraje pro podnik velkou roli. Na tuzemském a světovém trhu se shromažďují obchodníci z asijských zemí. Ti konkurují svými výrobky s nižší cenou a především nižší kvalitou. Firma musí udržet svoji cenu a kvalitu na špičkové úrovni, jinak asijské firmy lehce převezmou zakázky. Tyto faktory vedou k obnově a ke zlepšení výroby součástí tak, aby byla produktivní a efektivní. K racionalizaci výrobních postupů a také k úspoře materiálu dochází hlavně z důvodů finančních, což přinese výhody pro celý podnik.

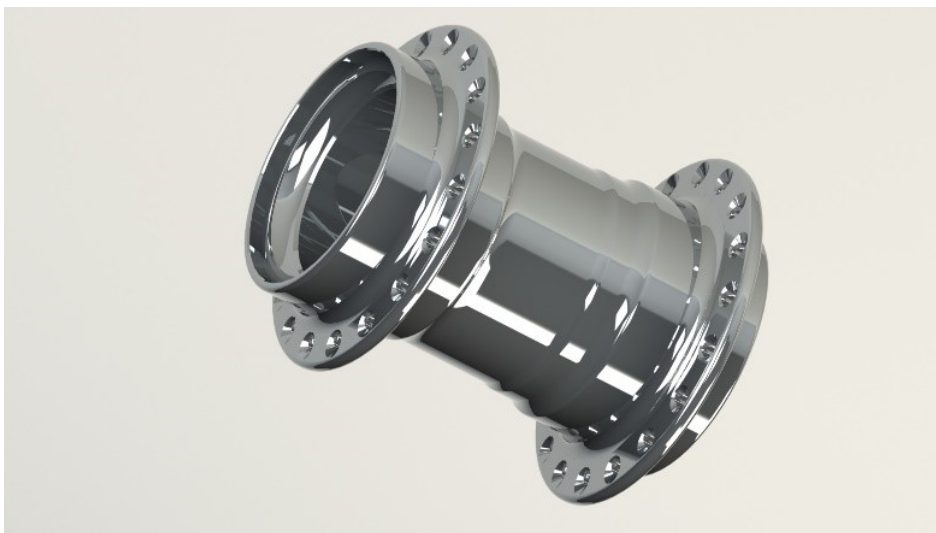
Zadní volnoběžný náboj se skládá z více jak třiceti součástí. Záleží na zákazníkovi, jaký typ sestavy náboje požaduje. Sestava náboje je technologicky velmi náročná a velkou roli zde hraje přesnost ve výrobě každé součásti. Bakalářská práce se zabývá obráběním nejdůležitější součásti – pláště náboje kola – a také výrobou hlavní základny celé sestavy volnoběžky. Polotovar pro soustružení je zhotoven zápusťkovým kováním a poté se obrábí na kopírovacích soustruzích nahrubo. Požadavkem firmy Velosteel Trading je, aby se součást obrobila co nejkvalitněji jak z hlediska technologického, tak i z hlediska úspory materiálu. Především je důležité snížení spotřeby řezných nástrojů a stejně tak snížení počtu výrobních strojů. Náboj prochází přes hrubovací soustruhy, na kterých bude použita nová technologie výroby, pomocí které budou zjišťovány optimální podmínky pro soustružení a kvalita povrchu obrobku.

1. Obecná charakteristika daného problému

Na povrchu výkovku se při kování náboje objevují okuje, které při soustružení nahrubo znečišťují pracovní prostředí kolem stroje a snižují životnost soustružnického nože. Při výrobě vzniká z okují velmi jemný prach, který je zdraví škodlivý a ani ventilace ho nedokáže dostatečně odstranit. Proto se dané pracoviště stává rizikovým. Technologický postup součásti je sice produktivní, ale pro tvorbu těla náboje finančně náročný se složitou výrobou. Odebráním jedné operace z technologického postupu by se výroba ekonomicky snížila a ušetřené firemní finance by mohly být výpomocí pro budování a modernizování celého podniku a přinést tak jeho větší úspěšnost.

1.1 Charakteristika náboje

Náboj je základní součástí pro sestavení volnoběžky jízdního kola. Ve vnitřní části se montují veškeré dílčí součásti, které jsou nepostradatelné pro chod celého volnoběžného náboje. Součást je velmi odolná proti opotřebení, které vzniká nejen při chodu volnoběžky, ale především při brzdění. Tvrdost, kterou způsobuje tepelná úprava materiálu – kalení, chrání součást před deformacemi při chodu a zabraňuje jejímu opotřebení. Tělo náboje musí odolávat velkým mechanickým zátěžím a chránit součásti uvnitř jádra, které musí mít přesné uložení pro správný chod volnoběžky. Povrchová úprava – galvanické pokování niklem a chromem – chrání součástku před vlivem okolního prostředí. Dodává produktu hezčí vzhled a především chrání před korozí.



Obrázek 1: Tělo náboje

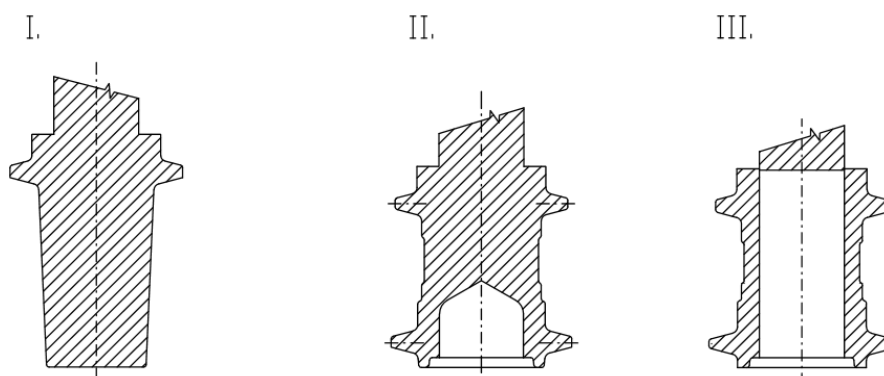
1.2 Obecný technologický postup výroby

Výroba celého těla pláště se provádí ve čtrnácti operacích. Všechny výrobní operace se vedou na kvalitních jednoúčelových strojích, jako jsou kovací lis, hrubovací soustruhy, vyvrtávačky, vrtačky a brusky. Pro zlepšení mechanických vlastností výrobku se provádí tepelné zpracování oceli. Povrchová úprava je galvanický povlak Ni a Cr. Všechny operace jsou na sobě jednotně závislé.

- **Operace 1: Kování**

Polotovarem pro kování je tyč o délce tři metrů, průměru 34 mm a jakosti 12 020 ČSN. Tyče jsou nahřívány v indukční peci při teplotě od 800 – 870 °C.

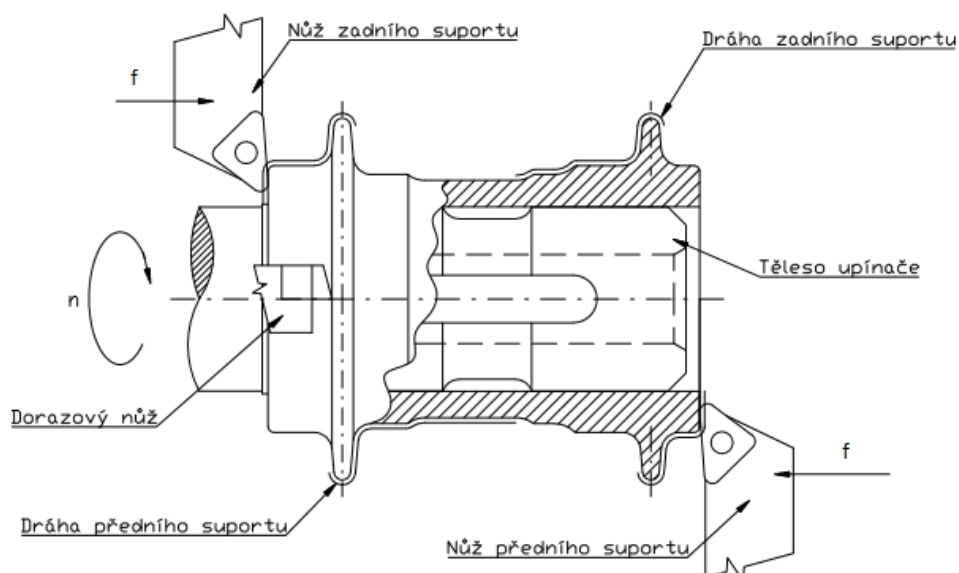
Tyč se ohřátým koncem vloží do zápustek kovacího lisu, který výkovek vylisuje na tři operace. Po odkování se kus odklepne o frému stroje a odpadne do koše, který je u stroje umístěn.



Obrázek 2: I – první operace, II – druhá operace, III – třetí operace

- **Operace 2: Hrubování povrchu pláště**

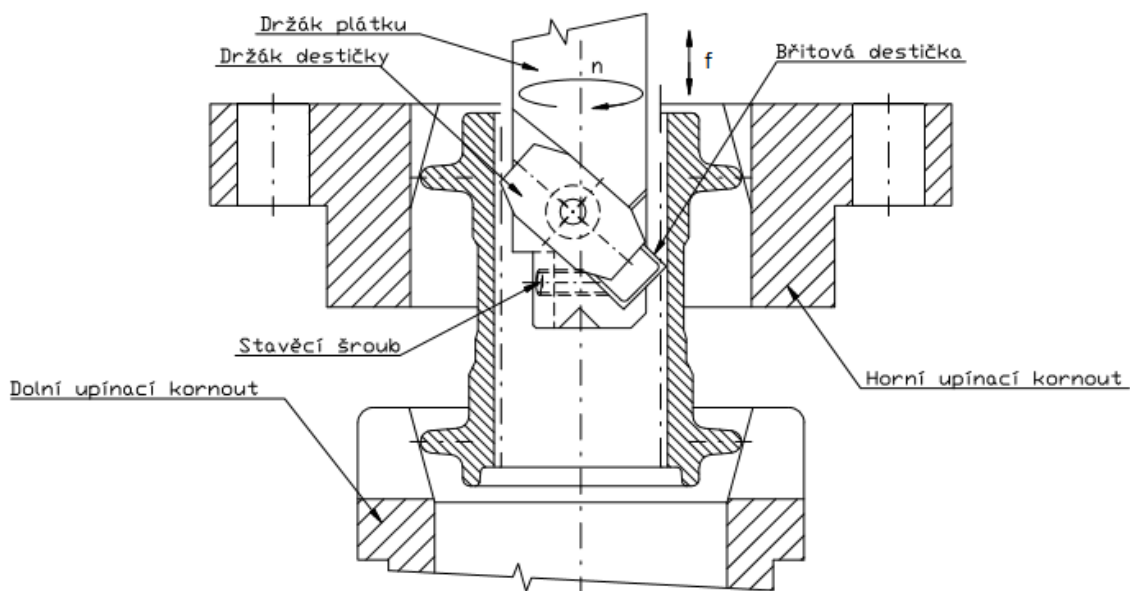
Obrábění se provádí na jednoúčelovém poloautomatickém kopírovacím soustruhu. Výkovek se nasune na válcový upínač krátkým krčkem napřed a vystředí se pomocí vidličky za věnec u krátkého krčku. Pneumaticky se výkovek upne a zapne se stroj.



Obrázek 3: Hrubování náboje

- **Operace 3: Vytváření otvoru**

Kus, který prošel operací hrubování, je připraven na provrtání otvoru. Obrobek se vsune do spodního kornoutu přípravku krátkým krčkem dolů. Pneumaticky se upne a sepne stroj. Nástroj přímočarým otáčivým pohybem svisle dolů obrábí otvor náboje a vytváří jeho požadované rozměry.

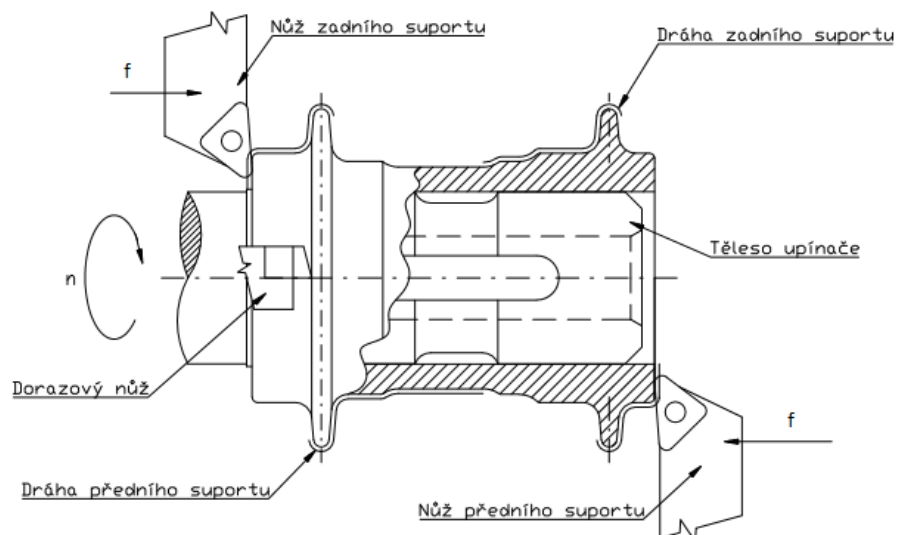


Obrázek 4: Vytváření otvoru náboje

- **Operace 4: Soustružení načisto**

Obrobený kus se nasune na upínací trn dlouhým krčkem vpřed. Vystředí se pomocí dorazu za krátký krček. Ručně se pneumaticky upne a sepne se stroj. Zde se tělo náboje

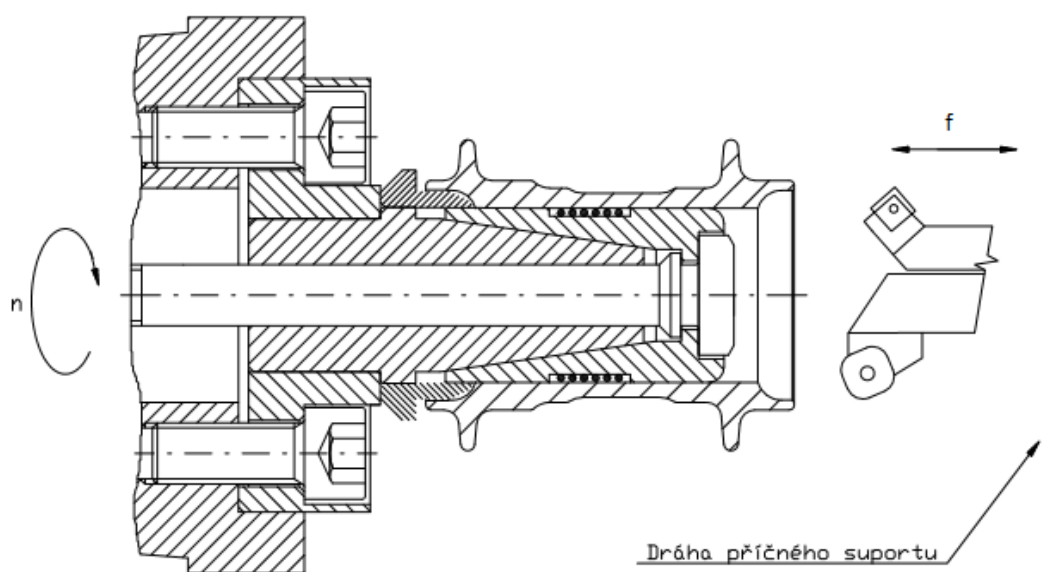
obrábí na požadovaný rozměr. Povrch náboje musí být kvalitně obrobený s požadovanou mírou drsnosti, aby došlo ke správnému nanesení galvanického povlaku. Při soustružení záleží na přesném vystředění rotační součásti, aby nevznikala velká odchylka při kruhovitosti, ta by narušovala funkčnost produktu.



Obrázek 5: Soustružení náboje na čisto

- **Operace 5: Soustružení kulové dráhy**

Soustružení kulové dráhy se provádí na jednoúčelovém poloautomatickém soustruhu, který vytváří kulovou dráhu pro ložisko. Používají se dva soustružnické nože. Při soustružení kulové dráhy náboje se zároveň druhým nožem sráží hrana čela. Úkony stroje probíhají automaticky manipulátorem na jednoúčelovém stroji.

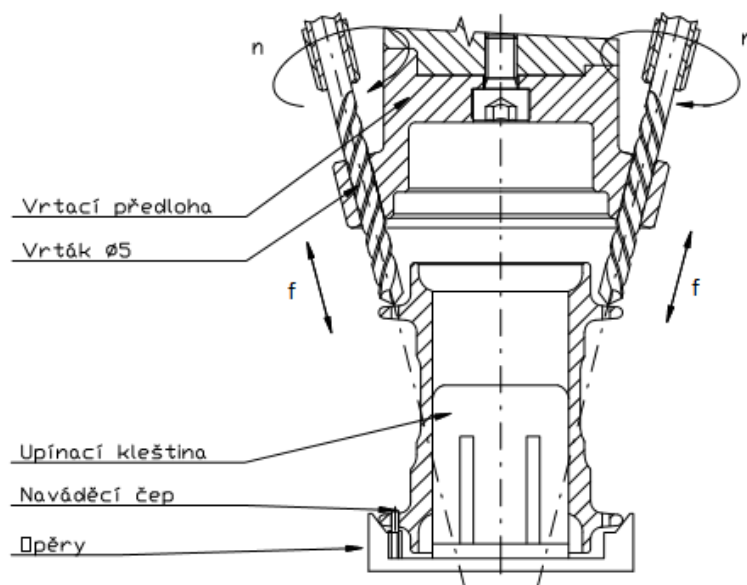


Obrázek 6: Soustružení kulové dráhy náboje

- **Operace 6: Vrtání otvorů na věnci**

Obrobek je vsunut do kornoutu, kde se pneumaticky upne. Díry do věnce náboje se vrtají dle určení zákazníka. Věncem může mít 16, 20, 24, 28, 36 a 40 otvorů o průměru 2,9 nebo 3,2 mm.

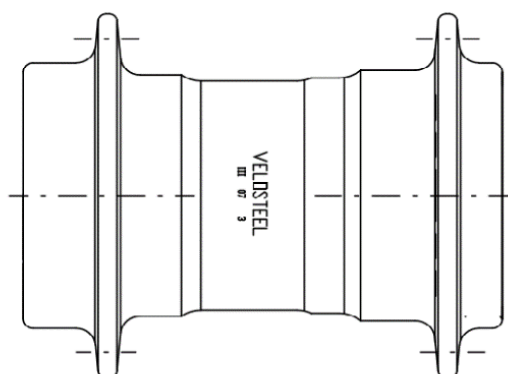
Po vyvrtání otvorů do věnce následuje jejich zahloubení. Vrtáky, které zahlubují jednotlivé díry ve věnci, najíždějí pod úhlem 60° do hloubky 2 mm. Operace se provádí stejným způsobem i pro druhý věnec náboje, který má stejný počet otvorů.



Obrázek 7: Zahlubování otvorů na věnci náboje

- **Operace 7: Ražení znaku**

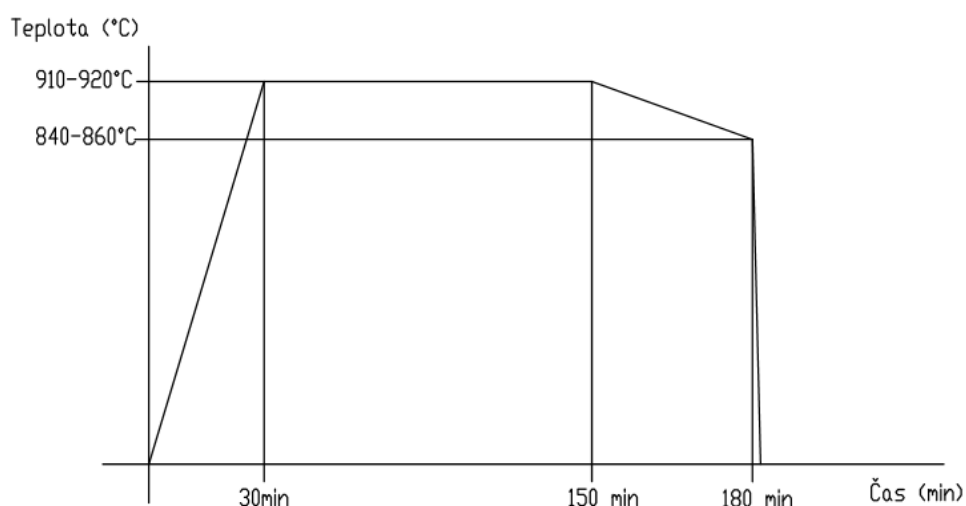
Operace ražení znaku spočívá na vložení náboje mezi dva válce, které vyrazí na povrchu pláště znak firmy, rok a měsíc výroby.



Obrázek 8: Ražení znaku firmy a data výroby

- **Operace 8: Cementace a kalení**

Výrobní proces cementace se provádí v cementačních rotačních plynových pecích. Při docílení požadované teploty 910 – 920 °C je doba výdrže na dané teplotě 60 min. Po uplynutí jedné hodiny se teplota sníží na kalicí teplotu 860 – 880 °C. Následně se odkaluje ve vodě. Rychlým ochlazením docílíme velmi jemné struktury oceli, která je odolná proti mechanickému namáhání a opotřebení. Hloubka cementační vrstvy by se měla standartně pohybovat od 0,3 do 0,4 mm.



Obrázek 9: Diagram časového a teplotního průběhu kalení

- **Operace 9: Tryskání**

Do tryskacího stroje se naskládá 300 kusů. Pro odstranění nečistot usazených na povrchu pláště vzniklých po cementaci a kalení, se používá ocelový granulát, který tyto nečistoty odstraní.

- **Operace 10: Broušení povrchu pláště**

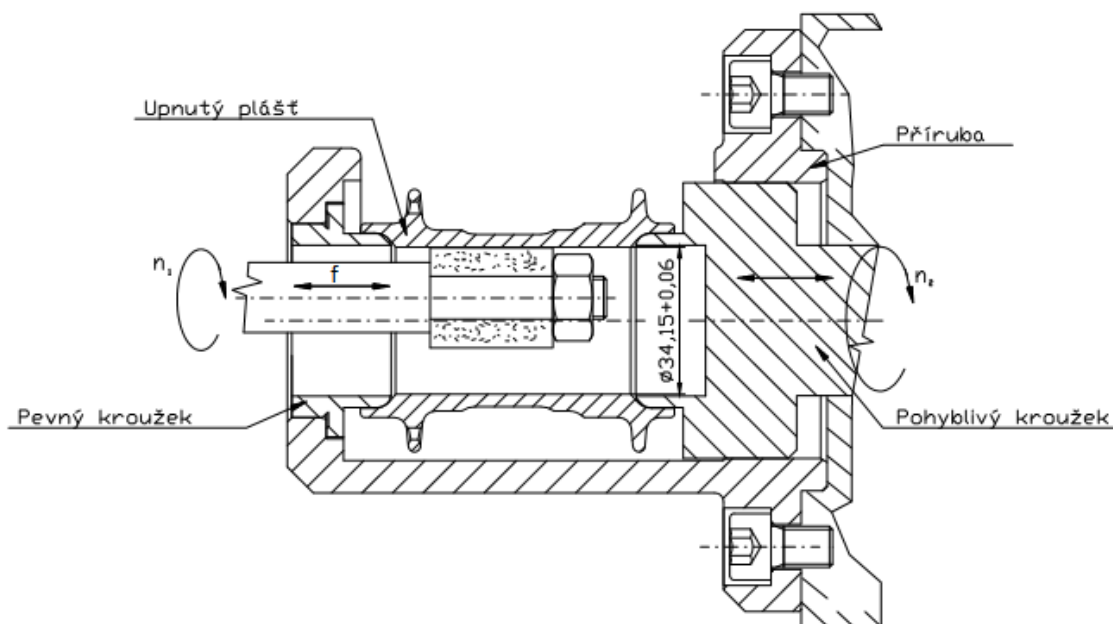
Proces broušení se provádí na brusce, která obrábí povrch náboje. Bezhrtá bruska má ruční posuv řízený mechanicky pákou. Celý výbrus kusu musí být vizuálně zkontrolován. Při špatném vybroušení se kus musí opravit. Předepsané rozměry se měří dle stanovených měřidel.

- **Operace 11: Galvanické pokovení**

Operace probíhá na automatizované lince, která projíždí jednotlivými vanami v hale. Jedná se o 26 van, kterými součást prochází po celou dobu trvání galvanického procesu.

- **Operace 12: Broušení brzdné dráhy náboje**

Po předchozí operaci se kus brousí na jednoúčelové brusce BDA 120. Kus se vzduchově upne do trnu a přebrousí se jeho vnitřní průměr brzdné plochy.



Obrázek 10: Broušení brzdné plochy náboje

- **Operace 13: Soustružení kulových drah**

Pro správný chod kuličkových ložisek musí být kvalitní drsnost povrchu kulové dráhy s přesnými rozměry. Tuto operaci provádí jednoúčelový soustruh JUS 36 s ručním zakládáním.

- **Operace 14: Konečná kontrola nábojů**

Každý kus projde kontrolou pověřeného a kvalifikovaného personálu. Rozměry se kontrolují měřicími trny, mezními kalibry, měřidly soustřednosti a výškovými měřidly.

1.3 Materiál tělesa

Materiálem pro současnou výrobu náboje je uhlíková ocel k cementování 12 024 dle ČSN 41 2024. Ocel je vhodná k chemicko-tepelnému zpracování. Používá se pro namáhané strojní součásti určené k cementování s vyšší pevností v jádře po tepelném zpracování, např. méně namáhaná ozubená kola, hřídele, řetězová kola, pouzdra, vodítka. Mez pevnosti (R_m) pro uhlíkovou ocel je 480 MPa. Mez houževnatosti (R_e) při mechanickém zatěžování je 300 MPa. Obrobitelnost pro soustružení materiálu je v označení 16b. Materiál je dobře obrobitelný, protože síra společně s fosforem způsobují správnou lámavost třísky. Odpad vzniklý při soustružení se značí podle ČSN 42 0030 s číslem 007. [1] [5]

Tabulka 1: Chemické složení [hm. %] [1]

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	P	S
0,17 - 0,24	0,35 - 0,65	0,15 - 0,40	0,25	0,3	0,3	0,04	0,04

1.4 Polotovar pro výrobu náboje

Pro výrobu pláště volnoběžného náboje kola se používají třímetrové kruhové tyče tvářené za tepla. Polotovar o průměru 34 milimetrů je dovážen z tuzemských i zahraničních firem. Největším dodavatelem tyčí tvářených za tepla je firma Feron, a.s.. Materiál se dováží z jednotlivých poboček, které jsou po celé České republice, v Polsku a na Slovensku.

1.5 Obrobitelnost materiálu

Pojem obrobitelnost je možno definovat jako míru schopnosti určitého materiálu být kvalitně obroben, například technologií soustružení. Nástroje pro obrábění ocelí jsou zpravidla ty, které odvádějí třísku ze základního materiálu, jako jsou soustružnické nože, frézy, vrtáky a další. Každá ocel má své číselné označení pro určení obrobitelnosti součásti. Pro soustružení a hoblování je materiál 12 024 ČSN 412024 značen stupněm obrobitelnosti 16b. Již zmiňovaný stupeň obrobitelnosti posuzujeme nejen podle mechanických vlastností materiálu, ale i podle snadnosti oddělení třísky obráběcím nástrojem a chování mezi nimi (tvoření nárůstku na ostří apod.). Velkou roli hraje řezný

odpor. Zkoušíme ho normalizovaným nástrojem na měřicích supotech daného obráběcího stroje při určitých rychlostech a konstantních řezných podmínkách. [2] [5]

Po vyhodnocení obrobitelnosti jsou technické konstrukční materiály rozděleny do devíti základních skupin, ve kterých je uhlíková ocel označena malým písmenem b. V této skupině materiálu je vybrán jeden konkrétní materiál, který slouží jako etalon obrobitelnosti určené oceli. Ve vztahu k etalonu je poté určena obrobitelnost všech ostatních materiálů celé skupiny. [2]

Třída obrobitelnosti se značí čísly od 1 do 20. Relativně nejhorší obrobitelnost (nejhůře se obrábějící) v určené skupině má materiál zařazený do nižších čísel. Naopak nejlepší obrobitelnost materiálů se značí vyššími čísly. Materiál pro výrobu náboje kola má velmi dobré parametry pro soustružení. Pro frézování a vrtání je třída snížena o jedno číslo. [3]

1.6 Soustružení nahrubo

Hrubování je strojní třískové obrábění válcové plochy geometricky určeným nástrojem. Při operaci se těleso obrábí na určitý rozměr. Obrobek je velmi drsný a na určitých místech se ojediněle objevují neobrobená místa. Na povrchu se vytvářejí hluboké rýhy, které zvyšují drsnost (R_a). Vlivem obráběcího cyklu vzniká teplo, které se přenáší do obrobku a může měnit mechanické vlastnosti výrobku. Hlavní rotační pohyb zde koná obrobek, který je pneumaticky upnut na trnu a je obráběn dvěma soustružnickými noži s vyměnitelnými břitovými destičkami. Obráběcí nástroje jsou vedeny kopírovacími šablonami uloženými ve stroji. Vedlejší pohyby nástroje se odvíjí od tvaru drážky v šabloně. Otáčky vřetene stroje činí 1060 ot/min. Při podélném posuvu nástroje po obrobku je rychlost 0,19 mm/ot. Příčný posuv nože obrábějící věnce náboje se zvětšuje na 0,25 mm/ot. Řezná rychlost nástroje při soustružení nahrubo je 203 m/min.

2. Problematika obrábění nábojů

Při obrábění výkovku se součást mechanicky upíná do poloautomatického hrubovacího soustruhu, který danou součást podle kopírovací šablony obrobí na požadovaný tvar. Strojní čas na výrobu jednoho vyhrubovaného náboje činí 23 s. Při soustružení se obrobek velmi zahřívá. Obrobený kus má netolerovanou drsnost a neodpovídá výrobnímu výkresu. Třísky, které se odebraly ze součástí, jsou namotané na suportu a překázejí při dalším procesu obrábění. Pro zlepšení těchto faktorů je nutné co nejvíce zlepšit technologii dané výroby, aby se tyto negativní vlivy omezily. Cílem bakalářské práce je dosáhnout toho, aby

součást, která se momentálně obrábí na dvě operace soustružení (nahrubo a načisto), byla obrobena jen jednou operací, a to soustružením nahrubo při optimálních řezných podmínkách. Realizace je provedena na soustruhu ve výrobní hale firmy Velosteel Trading.

2.1 Přesnost nastavení nástroje

Je dána přesností odměření dráhy nástroje vzhledem k obrobku. Základní nastavení polohy nástroje a jeho směru před začátkem soustružení může ovlivňovat přesnost všech rozměrů na obráběné ploše náboje. Na nepřesnost při usazení nástroje působí jak statické, tak dynamické chování polohovacího mechanismu. [4, s. 59]

Statické účinky ovlivňují přesnost nastavení nástroje, které se přenáší hlavně citlivostí měřítka. Rozlišovací schopnost měřítka se dá zvětšit nebo zmenšit převodem dvou ozubených kol.

Chyby měřicího ústrojí se dělí na systematické a nahodilé. Systematické jsou způsobeny při výrobě, kdy v operaci dojde k poruše, např. odchylky vzniklé nepřesností výrobního stroje, odchylky způsobené změnami teploty, nepřesnosti zdvihu vačky, atd. Tyto chyby jsou stálého charakteru a lze je kompenzovat korekčními zařízeními. Mezi systematické chyby patří např. opotřebení měřicího zařízení a opotřebení nástroje. Nahodilé chyby jsou většinou způsobeny lidským faktorem, např. nepřesnosti vzniklé špatnou čitelností výkresů nebo nesprávným odečtem rozměrů. [4, s. 59]

2.2 Tepelné deformace při obrábění

Jednoúčelový poloautomatický soustruh může být jak v chodu při obrábění náboje, tak i v klidu doprovázen nerovnoměrnými teplotními změnami. Tepelné deformace způsobené soustružením ovlivňují vzájemnou polohu obrobku a nástroje. Jsou jedním z důvodů pro vznik nepřesnosti při práci na obráběcím stroji. Projevují se např. změnou výšky, hloubky a průměru obrobene součásti v sériové výrobě.

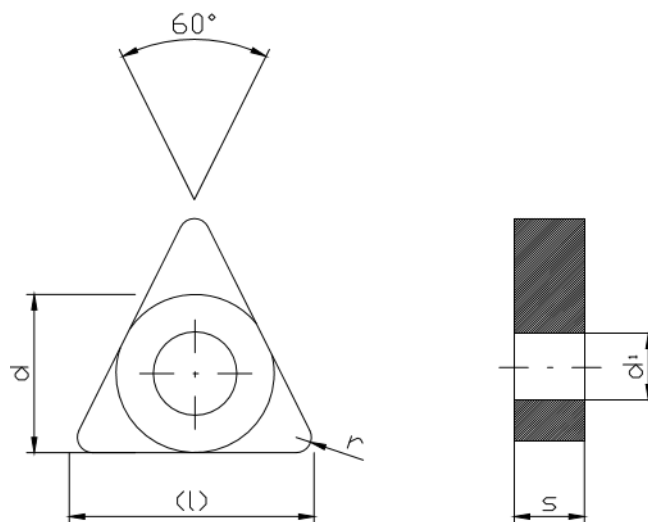
Důvodem zahřátí obrobku jsou zdroje tepla na obráběcím stroji a mimo něj. Jde hlavně o řezný proces a pasivní odpory v poháněcích zařízeních stroje. Nadměrné teplotní podmínky vzniklé mimo obráběcí proces vznikají např. vytápěním dílny nebo ozářením slunečními paprsky. Teplo vzniklé při soustružení by mělo být odváděno třískou či nástrojem. Někdy se značná část může přesunout do obrobku. Deformacím obrobku lze

zabránit chlazením řeznou kapalinou. Při obrábění na jednoúčelovém soustruhu není zmiňované zařízení pro chlazení obrobku nainstalované. [4, s.60]

Speciální pozornost zasluhuje odvod horkých třísek z nástroje, mohou se při obrábění namotávat na tělo nože až k suportu stroje. Třísky by měly být co nejrychleji, plynule a pokud možno nejkratší dráhou odebrány z oblasti obrábění k místu mimo stroj. Dále se po pracovní době odvázejí z obrobny do haly, kde je umístěn dopravník přepravující třísky do kontejneru. Při shromažďování horkých třísek na povrchu kterékoliv části stroje nebo pod ním vznikají místní tepelné deformace pracovních částí stroje a způsobují nepřesnosti při výrobě. Zdrojem tepla v obráběcích strojích jsou hlavně spojky, ložiska ve vřetenících a převodovky. Proto je zapotřebí věnovat se pravidelnému mazání ložisek a převodů. Údržba všech součástí by měla být dle standardních postupů provedena jednou za den, to znamená po každé pracovní směně. [4, s.60]

2.3 Nástroj pro soustružení

Pro soustružení nahrubo se používá vyměnitelná břitová destička od firmy Pramet Tools, s.r.o., v současnosti velice známého a špičkového výrobce řezných nástrojů. Pro hrubování se používá destička s označením TNMG 160408-HC.



Obrázek 11: Vyměnitelná břitová destička TNMG [6]

Tabulka 2: Rozměry VBD [6]

Velikost	(l)	D	d1	s
1604	16,5	9,525	3,81	4,76

Tabulka 3: Vlastnosti VBD [6]

ISO	Materiál	Rádus	Posuv na otáčku	Hloubka řezu
TNMG 160408E-HC	NC3030	0,4	0,08 – 0,4	0,8 – 4

Spotřeba vyměnitelných břitových destiček se pohybuje kolem dvou až tří denně na jednom stroji. V experimentální části bakalářské práce jsou zjišťovány optimální podmínky pro soustružení a jeho parametry při těžkém hrubování. Při volbě nástroje je velmi důležitým faktorem utvařec destičky. Jeho tvar je závislý na vlastnostech obráběcího materiálu, pevnosti, houževnatosti a struktuře. Ideální tvar utvařeče je takový, aby třísku odváděl ze stroje a pravidelně ji lámal. Při špatném lámání se tvoří velké svazky na suportu stroje, a to při určité hloubce třísky (a_p). [6]

2.4 Kvalita povrchu při hrubování

Polotovár připravený pro soustružení nemá vlivem předešlého kování kvalitní povrch. Při operaci se na povrchu objevují zbytky okují, které při obrábění vytvářejí vířivý prach. Povrch materiálu je velmi hrubý a na středu výkovku jsou malé ostříny. Tyto vlastnosti povrchu tvoří při soustružení překážky.

Kvalita povrchu závisí na rychlosti posuvu, který se dá na soustružnickém stroji libovolně regulovat. Při vysokém posuvu nástroje vzniká na povrchu pláště velká drsnost (R_a). Konečnou povrchovou úpravou výrobku je galvanické pokování, které potřebuje pro kvalitní spojení se základním materiálem velmi hladký povrch. Proto je nutné pomocí hrubování docílit co nejlepší kvality povrchu, aby nebylo následně nutné jej opravovat na obráběcím stroji.

2.5 Soustřednost povrchu náboje s vnitřním otvorem

Soustřednost povrchu pláště s vnitřní brzdovou dráhou je velmi důležitou geometrickou tolerancí při výrobě. Upnutí výkovku do pneumatického trnu musí být správně vystředěno, aby nedošlo ke špatnému obrobení mimo osu. Nesouosost tvarů se projeví při seřizování volnoběžky na montážní dílně – součásti do sebe hůře zapadají a není možné je seřadit. Brzdná plocha náboje tře o vnitřní součásti a vytváří tak hluk doprovázený špatným otáčením páky.



Obrázek 12: Soustřednost vnitřní díry s povrchem náboje

Povrch polotovaru pro soustružení nahrubo má velmi nepřesné vnější rozměry. Při upínání se součástka vloží do válcového upínače. Správné vystředění součásti se provádí pomocí vidličky. Tvar přípravku je ve tvaru písmene V. Přípravek má schopnost náboj přesně vystředit pomocí správného úhlu za věnce náboje. Vystředěný kus se pneumaticky upne.

Pro přesné měření soustřednosti výrobku je k dispozici přístroj od firmy DEOM. Kontrola rozměrů se provádí na kuse se špatnou geometrickou tolerancí a porovnává se s přesně určenými rozměry. Měření lze provádět na optickém nebo dotekovém modulu. Vyhodnocení provádí sám přístroj, který určí odchylky od tolerancí.

3. Návrh nové technologie obrábění vybrané součásti

Návrh nové technologie je založen na úpravě povrchu polotovaru pro soustružení nahrubo. Jakmile docílíme zlepšení této vlastnosti, bude polotovar zkoušen na jednoúčelovém hrubovacím soustruhu. Zvýší se odběr třísky a bude se porovnávat kvalita obrobeného povrchu od malých posuvových rychlostí k vyšším rychlostem.

3.1 Povrchová úprava před soustružením

Jak bylo řečeno v předešlých kapitolách, jedná se především o zlepšení kvality obrobené plochy náboje kola. Pro kvalitní obrobení musí být vykováný náboj zbaven přebytečných okují, které zůstaly na výkovku při operaci kování. Ve firmě Velosteel Trading je možno využít povrchovou úpravu tryskání.



Obrázek 13: Tryskací box Apa Polska Tor DVD 1000A

Při práci je nezbytné používání předepsaných ochranných pomůcek. Obsluha stroje je povinná mít upnutý oděv a prstové rukavice. Je nutné dbát na stanovené bezpečnostní předpisy při práci.

3.1.2 Tryskání

Na pracovní stůl tryskacího stroje se volně vloží kusy naležato. Stůl je zasunut do skříně komory. Pomocí spínače, který je umístěn v blízkosti dveří kabiny, se proces zapne. Na znečištěné výkovky je tryskán ocelový granulát o rozměrech od 0,5 do 0,63 mm. Tryskání horním a dolním kolem se provádí po dobu 5 min. Čas je řízen pomocí relé, které stroj automaticky zastaví. Po ukončení procesu se kabina otevře a vyloží kusy ze skříně. Kontrola povrchové úpravy na daném kuse se vyhodnocuje vizuálně specializovaným pracovníkem. Povrch musí být zbaven všech nečistot a být leskle šedý.

Na obrázku č. 14 lze vidět, jaký je tvar a povrch výkovku po kování. Okuje tvoří vroubkovaný tvar na plášti. Na některých místech se části odlupují a tvoří se mapy.



Obrázek 14: Povrch náboje po tváření za tepla

Obrázek č. 15 ukazuje náboj po mechanické úpravě povrchu. Tvar odpovídá výkresové dokumentaci daného výkovku. Očištěný kus nemá známky znečištění a je připraven na spolehlivé upnutí do soustružnického trnu. Při zlepšení povrchu obrobku je uchycení přesnější než u předešlého kusu a bude mít přesnější geometrický tvar povrchu vůči díře.



Obrázek 15: Povrch náboje po mechanické povrchové úpravě

3.2 Změna výkovku po povrchové úpravě

Z důvodu špatného povrchu výkovku bude zkoumáno zkvalitnění drsnosti, odstranění vrstvy okují a nečistot vzniklých při tváření za tepla. Mechanická povrchová úprava se zkouší na deseti vybraných vzorcích, které jsou odebrány z výrobní dávky. Každý kus se

nejprve zváží, aby se zjistila hmotnost všech nečistot. V tabulce č. 4 je znázorněno měření deseti kusů a jejich váha v kilogramech.

Podmínky experimentální zkoušky:

Teplota v laboratoři: 21 ± 1 °C

Vlhkost: 60 %

Pomůcky:

Váha: Přenosná váha můstková CAS PB

Tabulka 4: Hmotnost výkovku před povrchovou úpravou

Výkovek	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hmotnost [kg]	0,599	0,599	0,606	0,601	0,599	0,602	0,603	0,606	0,599	0,601

Povrchově upravené vzorky se přemístí opět do laboratoře, kde se opakovaně změří hmotnost.

Tabulka 5: Hmotnost výkovku po tryskání

Výkovek	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hmotnost [kg]	0,595	0,594	0,601	0,596	0,594	0,598	0,598	0,601	0,595	0,595

Tabulka 6: Hmotnost odstraněných nečistot z výkovku

Rozdíl [kg]	0,004	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,004	0,006
Průměr [kg]	0,0048									

Vzniklý prach způsobený znečištěným povrchem na každém vzorku vytváří v okolí obráběcího stroje prachový oblak, který se usazuje na stroji a jeho příslušenství. Z tabulek vyplývá, že na kuse je přibližně 5 g nečistot. Při kvalitní povrchové úpravě se z tisíce kusů výkovků odstraní 5 kg ulpělých nečistot. Denní výroba činí tři tisíce kusů, což představuje až 15 kg prachového odpadu. Povrchová úprava tryskání značně změnila vlastnosti polotovaru připraveného na operaci soustružení.

3.3 Obrábění výkovku

Operace se provádí na jednoúčelovém kopírovacím soustruhu v označení JUS 28. Ve firmě Velosteel Trading je vybrán ze tří soustruhů jeden, který provádí jednotlivé zkoušky. Norma na jednom stroji činí 106 ks/h.



Obrázek 16: Obrábění výkovku

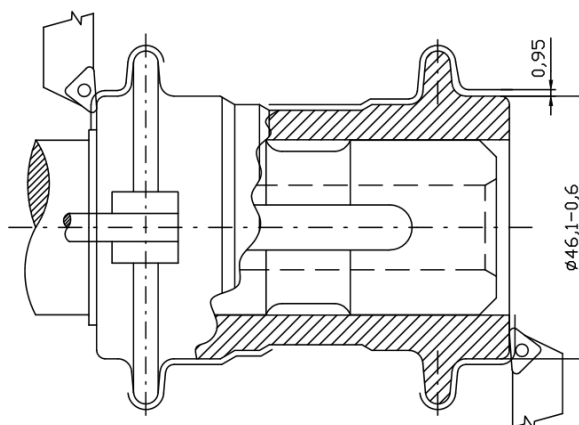
Přesnost rozměrů a kvalita obrobené plochy je ovlivněna řadou faktorů řezných procesů. V tab. 7 jsou znázorněny řezné podmínky pro hrubování na kopírovacím soustruhu. V experimentální zkoušce se zabýváme posuvem nástroje vůči obrobku. Posuv při příčném soustružení je o 0,06 mm za otáčku menší než u podélného soustružení. Jedná se o zrychlení posuvu v části věnců, které jsou nakloněny v úhlu 5°. Posuv je větší, protože daný výkovek zde má menší přídavky na obrábění. Řezné podmínky jsou voleny dle materiálu břitové destičky s označením TNMG 160404E – NM.

Tabulka 7: Řezné podmínky pro hrubování na JUS 28 [8]

Řezná rychlost		203	$m \cdot s^{-1}$	v_c
Posuv na otáčku	Příčný	0,19	$mm \cdot ot^{-1}$	f_{ot}
	Podélný	0,25	$mm \cdot ot^{-1}$	f_{ot}
Axiální hloubka řezu		1,75	mm	a_p
Trvanlivost		14	pcs	T

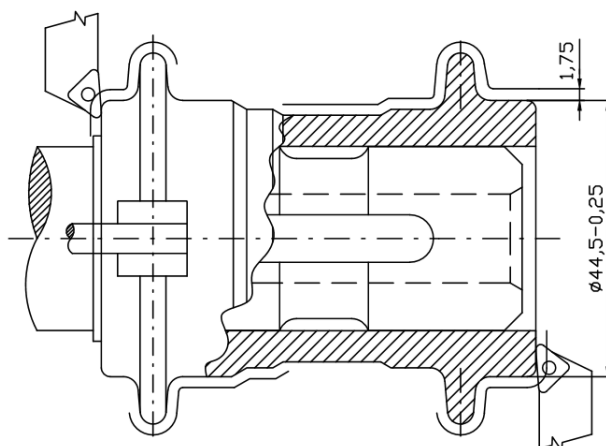
Z důvodu odebrání operace, která následuje po obrábění nahrubo, je nutné změnit axiální hloubku třísky. Trvalá hloubka řezu nástroje do obrobku je uvedena v technologickém postupu. Při hrubování je z výkovku odebrána tříska o hloubce 0,95 milimetrů. Tato hodnota bude navýšena hloubkou řezu o 0,8 milimetrů ze soustružení načisto.

Na obr. 17 je znázorněna hloubka odebrané třísky, která je v dnešním provozu zavedena. Průměr $46,1 - 0,6$ mm je míra uvedená ve výkrese pro hrubovaný náboj.



Obrázek 17: Hloubka odebrané třísky obrobku

Změna hloubky třísky je zaznačena na obr. 18. Axiální hloubka řezu se zvýšila na 1,75 mm. Průměr $44,5 - 0,25$ je konečným rozměrem pro obrábění na kopírovacím soustruhu. Uvedená tolerance na schématu musí být splněna.



Obrázek 18: Změna hloubky třísky pro hrubování

Ve zkoušce je posuv nástroje vůči obrobku zkoušen od nejmenších posuvů. Při zpomalení posuvu získáme kvalitnější drsnost. Rychlost posuvu v určitých úsecích obráběného náboje je řízena frekvenčním měničem vsazeném ve stroji kde se zadávají jednotlivé frekvence (ν).

3.3.1 Frekvenční měnič MITSUBISHI FR–S520S–1

Frekvenční měnič od Mitsubishi Electric nabízí vstup do moderní technologie pohonu s proměnlivými otáčkami. V oblasti pohonů a řízení posuvu při obrábění na JUS 28 je jednoduchým a ideálním přístrojem s výkonem až do 7,5 kW. Řídící jednotka uložená v jádru skříně s digitálním číselníkem ulehčuje zadávání parametrů pohonu frekvencemi. Výkon motoru jednoúčelového kopírovacího soustruhu je 5,5 kW, který je napájen z třífázového zdroje 380 V. [7]

Zdroj napájení: FR–S–520S–1 SE–380 V

Rozsah výkonu: 0,4 – 7,5 kW



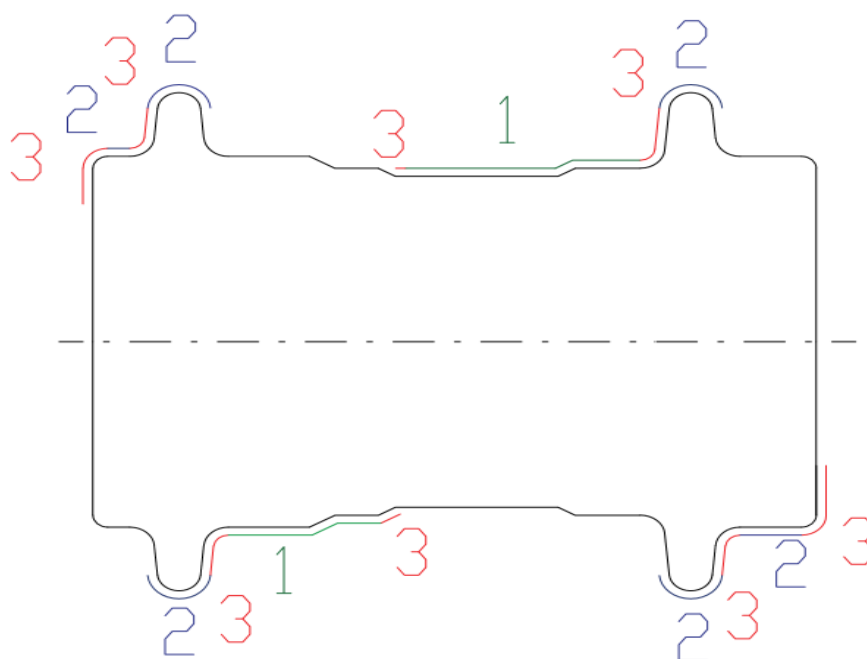
Obrázek 19: Frekvenční měnič MITSUBISHI FR–S520S–1

3.4 Posuvové rychlosti nástroje

Posuvové rychlosti se na hrubovacím poloautomatu odvíjejí od tvaru obráběného kusu. V operaci se objevují tři rychlosti posuvu, které jsou vázány na sebe. Při zarovnávání čela je posuv nejmenší. Na rovných částech povrchu náboje se rychlost posuvu nástroje výrazně zvyšuje a odebírá menší hloubku třísky. Věnce náboje mají úhel 5° a je zde větší přídavek

na obrábění než u jiných částí náboje. Zde se musí brát velký ohled na posuv, protože soustružnický nůž zde obrábí větší plochou hlavního ostří.

Na obrázku č. 20 je znázorněn obráběcí cyklus hrubování na JUS 28. Proces je řízen frekvenčním měničem přepínající rychlosti posuvu v určitých úsecích. Posuvová rychlost číslo 3 obrábí čelo náboje a spodní část věnců, kde je velká hloubka řezu. Dále také plynule najíždí do materiálu po přejezdu suportu. Rychlost 2 vede nástroj po krajní ploše krčku náboje a obrábí největší průměr věnce náboje, kde se odebírá menší tříska než v kořenu. Nejrychlejším posuvem, který obrábí náboj v rovné části, je podélný posuv číslo 1.



Obrázek 20: Průběh obráběcího cyklu – řízený posuv frekvenčním měničem

Dalšími rychlostmi jsou posuvy přemísťující suport z jedné části obrobku na druhou polovinu. V experimentální zkoušce se mění rychlosti posuvu jen pro obrábění, což jsou rychlosti 1, 2 a 3. Posuv je frekvenčním měničem veden jednotlivými frekvencemi, které jsou pro danou rychlost rozdílné. Jeden Hertz je jedna otáčka za sekundu.

Tabulka 8: Zavedené rychlosti posuvu a jejich použití [8]

Číslo rychlosti	Použití posuvu	Frekvence
1	Obrábění těla náboje	50 Hz
2	Obrábění čela a věnců – malý záběr	65 Hz
3	Obrábění čela a věnců – velký záběr	85 Hz
4	Posuv suportu	100 Hz
5	Přejíždění suportu	120 Hz

4. Diskuze experimentů

Vyměnitelné břitové destičky určené pro zkoušky jsou v označení TNMG 160408–HC. Experimenty se provádí v osmi zkouškách. Ty zjišťují optimální posuvy pro soustružení výkovku za určitého strojního času, který se měří při procesu.

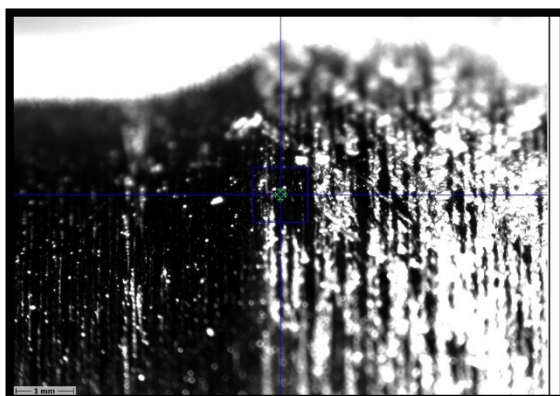
4.1 Zkouška číslo 1

$$v_c = 203 \text{ m/min} - \text{pro průměr } 61 \text{ mm}$$

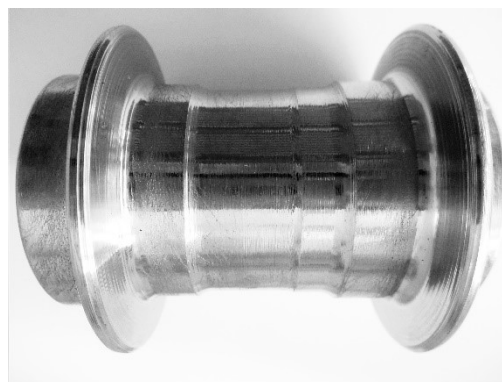
$$t_{AS} = 0,55 \text{ min}$$

Tabulka 9: Změna frekvencí pro zkoušku 1

Číslo rychlosti	Použití posuvu	Frekvence
1	Obrábění těla náboje	30 Hz
2	Obrábění čela a věnců – malý záběr	30 Hz
3	Obrábění čela a věnců – velký záběr	45 Hz
4	Posuv suportu	100 Hz
5	Přejíždění suportu	120 Hz



Obrázek 21: Povrch vzorku 1



Obrázek 22: Zkouška první

Zhodnocení: V první zkoušce se naprogramovaly posuvy nástroje u obrábění těla a spodní části věnce na 30 Hz. Pro velký záběr na věncích se zvýšila frekvence na 45 Hz. VBD bez poškození. Výsledkem je poškozený povrch vzorku s rýhami po celém těle náboje. Důsledkem jsou velké namotávky třísek.

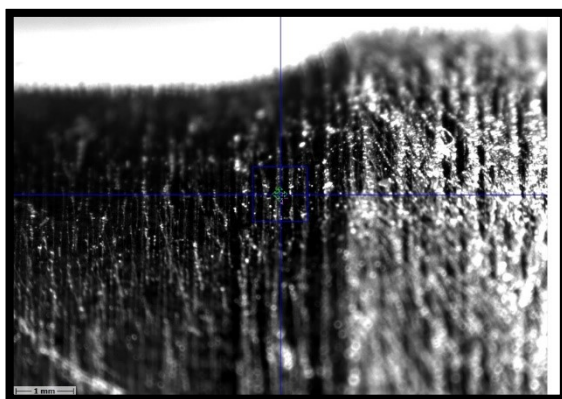
4.2 Zkouška číslo 2

$$v_c = 203 \text{ m/min} - \text{pro průměr 61 mm}$$

$$t_{AS} = 0,92 \text{ min}$$

Tabulka 10: Změna frekvencí pro zkoušku 2

Číslo rychlosti	Použití posuvu	Frekvence
1	Obrábění těla náboje	20 Hz
2	Obrábění čela a věnců – malý záběr	20 Hz
3	Obrábění čela a věnců – velký záběr	20 Hz
4	Posuv suportu	100 Hz
5	Přejíždění suportu	120 Hz



Obrázek 23: Povrch vzorku 2



Obrázek 24: Zkouška druhá

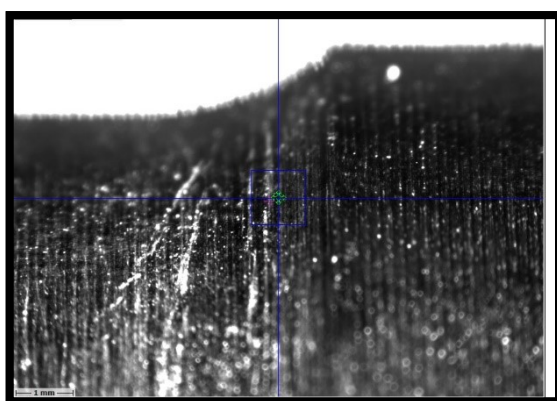
Zhodnocení: Druhá zkouška se provádí na posuvu o stejných frekvencích. Velikost frekvencí je nastavena na 20 Hz. Strojní čas pro vyrobení jednoho kusu se zvýšil na 0,92 min. Kvalita povrchu se výrazně zlepšila. Třísky jsou lámány a odváděny z obrobku.

4.3 Zkouška číslo 3

$v_c = 203 \text{ m/min}$ – pro průměr 61 mm, $t_{AS} = 0,72 \text{ min}$

Tabulka 11: Změna frekvencí pro zkoušku 3

Číslo rychlosti	Použití posuvu	Frekvence
1	Obrábění těla náboje	45 Hz
2	Obrábění čela a věnců – malý záběr	20 Hz
3	Obrábění čela a věnců – velký záběr	20 Hz
4	Posuv suportu	100 Hz
5	Přejíždění suportu	120 Hz



Obrázek 25: Povrch vzorku 3



Obrázek 26: Zkouška třetí

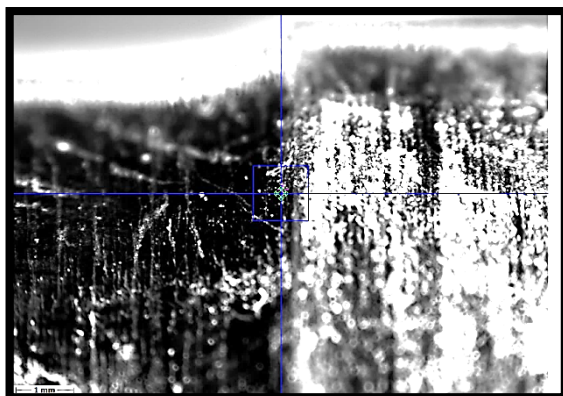
Zhodnocení: Ve třetí zkoušce se podařilo přiblížit k optimálnímu povrchu obrobeného náboje. Posuvové rychlosti se na obrábění věnců ponechaly a zvětšila se rychlost posuvu u obrábění rovné plochy těla na 45 Hz. Strojní čas pro jeden kus náboje se změnil na 0,72 min.

4.4 Zkouška číslo 4

$v_c = 203 \text{ m/min}$ – pro průměr 61 mm, $t_{AS} = 0,73 \text{ min}$

Tabulka 12: Změna frekvencí pro zkoušku 4

Číslo rychlosti	Použití posuvu	Frekvence
1	Obrábění těla náboje	35 Hz
2	Obrábění čela a věnců – malý záběr	30 Hz
3	Obrábění čela a věnců – velký záběr	20 Hz
4	Posuv suportu	100 Hz
5	Přejíždění suportu	120 Hz



Obrázek 27: Povrch vzorku 4



Obrázek 28: Zkouška čtvrtá

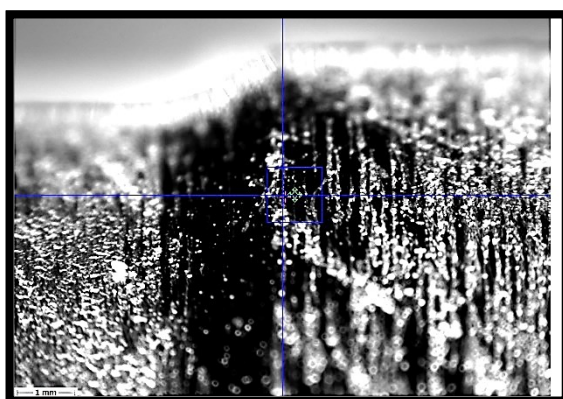
Zhodnocení: Čtvrtá zkouška byla založena na zvýšení posuvu na věnci, kde je menší záběr nástroje nastaven na 30 Hz. Frekvence se u obrábění těla náboje snížila na 35 Hz. Třetí rychlost byla ponechána na 20 Hz. Strojní čas se oproti předešlé zkoušce zvýšil pouze o 1 s. Kvalita obrobenej plochy však byla výrazně zhoršena.

4.5 Zkouška číslo 5

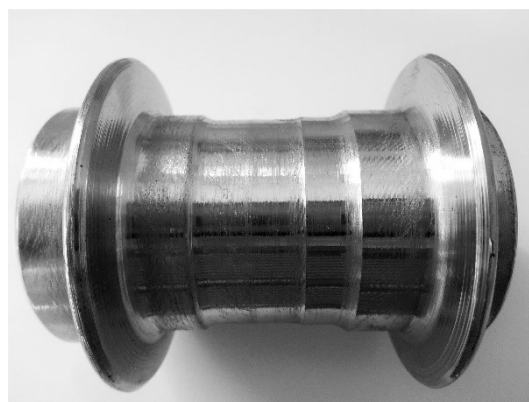
$$v_c = 203 \text{ m/min} - \text{pro průměr } 61 \text{ mm}, t_{AS} = 0,88 \text{ min}$$

Tabulka 13: Změna frekvencí pro zkoušku 5

Číslo rychlosti	Použití posuvu	Frekvence
1	Obrábění těla náboje	45 Hz
2	Obrábění čela a věnců – malý záběr	30 Hz
3	Obrábění čela a věnců – velký záběr	10 Hz
4	Posuv suportu	100 Hz
5	Přejíždění suportu	120 Hz



Obrázek 29: Povrch vzorku 5



Obrázek 30: Zkouška pátá

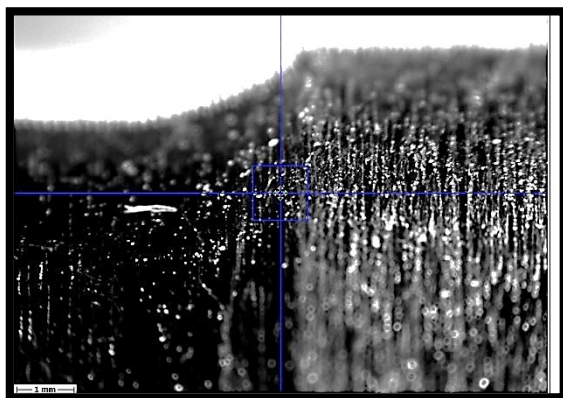
Zhodnocení: Obrobek je na krajích věnců zdeformován třískami, které se při soustružení namotávaly na nástroj a tvořily velké svazky. Frekvence posuvu u obrábění těla náboje byly nastaveny na 45 Hz. Rychlost nástroje ve spodní části věnce byla ponechána na 30 Hz. Pro pomalé najetí nástrojem do oblasti kořene věnce byl posuv snížen na 10 Hz. Strojní čas procesu soustružení jednoho kusu se změnil na 0,88 min.

4.6 Zkouška číslo 6

$$v_c = 203 \text{ m/min} - \text{pro průměr } 61 \text{ mm}, t_{AS} = 1 \text{ min}$$

Tabulka 14: Změna frekvencí pro zkoušku 6

Číslo rychlosti	Použití posuvu	Frekvence
1	Obrábění těla náboje	40 Hz
2	Obrábění čela a věnců – malý záběr	20 Hz
3	Obrábění čela a věnců – velký záběr	10 Hz
4	Posuv suportu	100 Hz
5	Přejíždění suportu	120 Hz



Obrázek 31: Povrch vzorku 6



Obrázek 32: Zkouška šestá

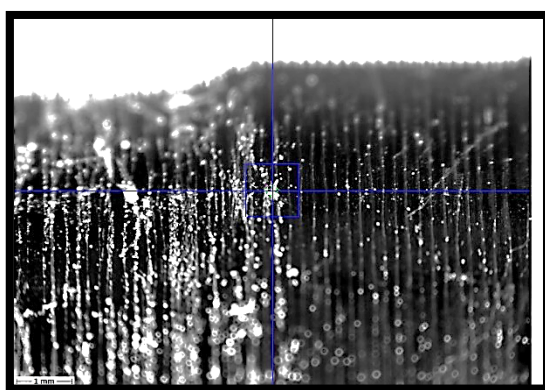
Zhodnocení: Na rozdíl od předešlé zkoušky byla zlepšena kvalita povrchu věnce. Při další zkoušce byla tedy nastavena frekvence velkého záběru na 10 Hz. Z důvodu špatného lámání třísky se posuvová rychlost snížila jak u obrábění horní části věnce, tak i rovné části těla. Povrch náboje byl patrně zlepšen, ale strojní čas zvýšen na jednu minutu.

4.7 Zkouška číslo 7

$$v_c = 203 \text{ m/min} - \text{pro průměr } 61 \text{ mm}, t_{AS} = 0,78 \text{ min}$$

Tabulka 15: Změna frekvencí pro zkoušku 7

Číslo rychlosti	Použití posuvu	Frekvence
1	Obrábění těla náboje	50 Hz
2	Obrábění čela a věnců – malý záběr	30 Hz
3	Obrábění čela a věnců – velký záběr	10 Hz
4	Posuv suportu	100 Hz
5	Přejíždění suportu	120 Hz



Obrázek 33: Povrch vzorku 7



Obrázek 34: Zkouška sedmá

Zhodnocení: V předposlední zkoušce se posuvové rychlosti zvyšovaly u obrábění těla náboje a malého záběru na věnci o 10 Hz. Kvalita obrobené plochy byla zlepšena. Na určitých místech se však objevily rýhy tvořící nepřiměřené shluky namotané třísky. Strojní čas byl snížen na 0,78 min.

4.8 Zkouška číslo 8

$$v_c = 203 \text{ m/min} - \text{pro průměr } 61 \text{ mm}, t_{AS} = 0,48 \text{ min}$$

Tabulka 16: Změna frekvencí pro zkoušku 8

Číslo rychlosti	Použití posuvu	Frekvence
1	Obrábění těla náboje	50 Hz
2	Obrábění čela a věnců – malý záběr	50 Hz
3	Obrábění čela a věnců – velký záběr	10 Hz
4	Posuv suportu	100 Hz
5	Přejíždění suportu	120 Hz



Obrázek 35: Prasklá VBD

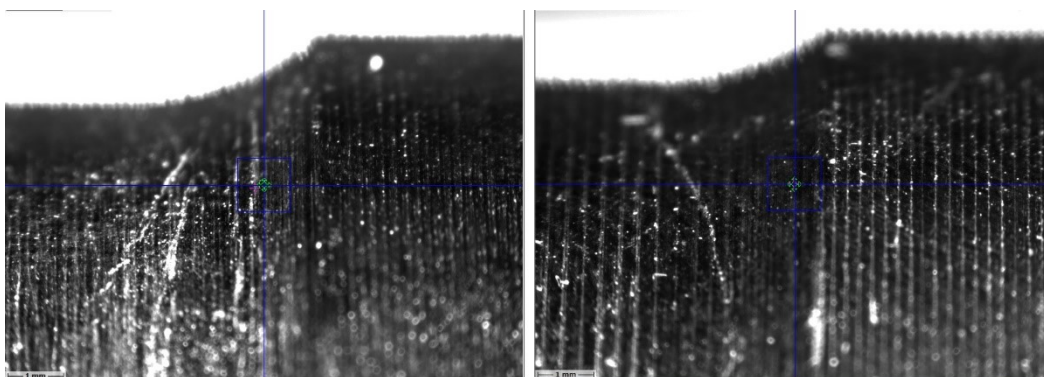


Obrázek 36: Zkouška osmá

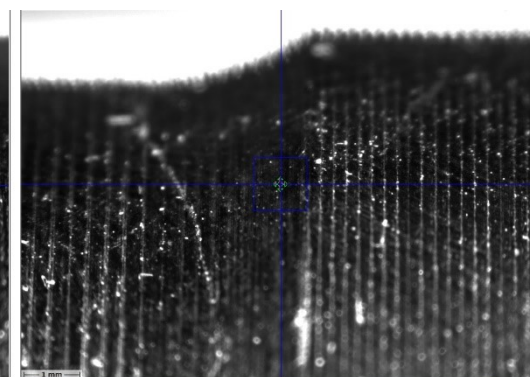
Zhodnocení: Při poslední zkoušce byla nastavena frekvence posuvu pro obrábění těla náboje a malý záběr věnců na 50 Hz. Velký posuv věnců byl ponechán z předešlé zkoušky. Zarovnání čela proběhlo na každé straně v pořádku. Jakmile se však přecházelo nožem do spodní části věnce, nástroj prasknul na obou suportech.

4.9 Zhodnocení experimentů

Při jednotlivých zkouškách byl testován optimální posuv nástroje vůči obrobku. Účelem experimentů bylo dosáhnout při procesu soustružení nahrubo přibližně stejného povrchu, jako je u stávající výroby po procesu soustružení načisto. Nejvíce kvalitu povrchu ovlivňovaly třísky, které se namotávají v průběhu procesu na obrobek a vytvářejí tak do povrchu velké rýhy.



Obrázek 37: Povrch při 3. zkoušce



Obrázek 38: Povrch po soustružení načisto

Z fotografií je patrné, že při třetí zkoušce bylo dosaženo optimálního povrchu obrobeného kusu na hrubovacím jednoúčelovém soustruhu. Drsnost povrchu náboje byla dokončena při broušení všech rozměrů po operaci kalení. Tato kvalita povrchu při

soustružení nahrubo je tedy srovnatelná s povrchem soustruženým načisto v dnešním provozu.

Graf 1: Strojní časy zkoušek



5. Technicko–ekonomické zhodnocení

Mechanická povrchová úprava polotovaru tryskání se projevila jako důležitá operace, vhodná k přiřazení do technologického postupu. Povrch náboje byl zcela bez nečistot. Při soustružení nedocházelo k víření prachu a následném usazování na stroji.

Výsledky jednotlivých zkoušek pro obrábění náboje byly velmi rozdílné. Zkoušky zabývající se obráběním náboje na jednu operaci za různých rychlostí posuvu nástroje docílily různé kvality povrchu. U třetí zkoušky se dospělo ke kvalitnímu povrchu obrobku, který může být považován za vyhovující.

Z technologického postupu se odebrala operace soustružení načisto. Strojní čas pro obrábění celého povrchu pláště trvá dohromady i se soustružením načisto 44 s. Ve třetí zkoušce je strojní čas pro soustružení jednoho kusu 43 s. Ačkoliv firma denně vyrobí 2400 kusů volnoběžných nábojů je zapotřebí, aby vyřazené stroje z této operace byly předělány a umístěny k hrubovacím soustruhům. Ty vypomohou splnit danou denní normu. Při práci šesti soustruhů, které obslouží jeden dělník, by se norma 2400 ks za jednu pracovní směnu splnila. Také se musí brát ohled na spotřebu nástrojů, kde by mohlo dojít k mírnému navýšení. Z ekonomického hlediska je jasné, že změna v technologickém postupu, kterou odebrala operace obrábění načisto a přidala povrchovou úpravu tryskání, je pro firmu prospěšná.

6. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zlepšení kvality povrchu výkovku před následným obráběním na jednoúčelovém kopírovacím soustruhu. Pro zlepšení kvality povrchu polotovaru se zkoumal vhodný posuv nástroje se zvětšenou hloubkou řezu. Při dosáhnutí rozměrů a kvalitního povrchu se odebere operace soustružení načisto a nahradí ji operace hrubování, která bude konečnou fází soustružení povrchu.

V úvodní části práce je zmínka o firmě Velosteel Trading, a.s. a jejím uplatnění na světovém trhu ve výrobě zadního volnoběžného náboje s protišlapací brzdou.

V teoretické části je charakterizován náboj kola a jeho technologický postup výroby. Při výrobě náboje kola bylo popsáno 14 operací, kterými součást prochází. Také je zde zmínka o vlastnostech materiálu a jeho obrobiteľnosti při soustružení. Následně je popisována problematika obrábění náboje, kde byl brán ohled i na zlepšení kvality povrchu výkovku znehodnoceného usazenými okujemi. Nečistoty byly odstraněny navrženou povrchovou úpravou tryskání a ta je ve firmě Velosteel Trading k poskytnutí.

V experimentální části bylo za pomoci frekvenčního měniče nainstalovaného ve stroji zkoušeno měnit rychlosti posuvu nástroje vůči obrobku. Zkoumání rychlostí posuvu nástroje za určitého strojního času bylo prováděno v šesti zkouškách. Jednotlivé rychlosti byly testovány od nejmenších posuvů. Optimálních rychlostí bylo docíleno u třetí zkoušky, kde se kvalita povrchu obrobku vyrovnala povrchu náboje soustruženého načisto. Posuv za otáčku je u čísla jedna 0,228 mm/ot a u posuvu dvě a tři 0,101 mm/ot. Rozměry náboje po hrubování byly změřeny na optickém měřicím přístroji a porovnány dle výkresu (viz příloha A, B). Strojní čas soustružení jednoho kusu se však dvakrát zvýšil. Je tedy zapotřebí, aby stroje obrábějící náboj načisto byly upraveny na soustruhy hrubovací, které by obsluhoval jeden specializovaný pracovník. Poté by bylo možné denně vyrobit 2400 ks a splnila by se denní výroba.

Pro firmu by ušetření jedné operace tj. 1,2 pracovníka a úspory mzdových nákladů ve výši 250 000 Kč znamenalo velký přínos.

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Vladimíru Vrbovi, CSc., za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této práce.

Dále bych chtěl poděkovat vedení firmy Velosteel Trading a.s., především panu Ing. Pavlu Kuželovi, za ochotu, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích práce.

7. Použitá literatura

- [1] FUERBACHER, Ivan, Karel MACEK a Josef STEIDL. Lexikon technických materiálů - Svazek 1: se zahraničními ekvivalenty . Praha: Dashöfer Verlag, 2002. ISBN 80- 86229-02-5.
- [2] Stroje a zařízení: Nauka o materiálu [online]. Ostrava: VŠB-TUO, 2002 [cit. 2016-01-20]. Dostupné z: https://www.fbi.vsb.cz/export/sites/fbi/040/.content/sys_cs/resource/PDF/NaukaMatSkripta.pdf
- [3] Experimentální metody v obrábění: Obrobitelnost materiálu [online]. Ostrava, 2011 [cit. 2016- 01- 21]. Dostupné z: http://projekty.fs.vsb.cz/459/ucebniopory/Experimentalni_metody_%20v_obrabeni.pdf
- [4] PÍČ, Josef a Přemysl BRENÍK. Obráběcí stroje: (Základy konstrukce a výpočtů) : Celost. učebnice pro vys. školy. Praha: SNTL, 1982.
- [5] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 2. vyd. /. Úvaly: ALBRA, c2005. ISBN 80-7361-011-6.
- [6] PRAMET TOOLS, s.r.o., ČR. Katalog-soustružení 2014. [online]. 2014 [cit. 2016-03 - 04]. Dostupné: <http://www.pramet.com/download.php?id=573>
- [7] MITSUBISHI ELECTRIC, KJ MAX, spol. s.r.o., 2009. [online]. 2009 [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: http://www.kjmax.cz/mitsubishi_mse500.html
- [8] VELOSTEEL TRADING, a.s., Technologický postup – náboj kola, 8.9.2011, 20 s.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Tělo náboje.....	9
Obrázek 2: I – první operace, II – druhá operace, III – třetí operace	10
Obrázek 3: Hrubování náboje	11
Obrázek 4: Vyvrtávání otvoru náboje.....	11
Obrázek 5: Soustružení náboje na čisto	12
Obrázek 6: Soustružení kulové dráhy náboje	12
Obrázek 7: Zahlubování otvorů na věnci náboje	13
Obrázek 8: Ražení znaku firmy a data výroby	13
Obrázek 9: Diagram časového a teplotního průběhu kalení	14
Obrázek 10: Broušení brzdné plochy náboje.....	15
Obrázek 11: Vyměnitelná břitová destička TNMG [6]	19
Obrázek 12: Soustřednost vnitřní díry s povrchem náboje.....	21
Obrázek 13: Tryskací box Apa Polska Tor DVD 1000A	22
Obrázek 14: Povrch náboje po tváření za tepla	23
Obrázek 15: Povrch náboje po mechanické povrchové úpravě	23
Obrázek 16: Obrábění výkovku.....	25
Obrázek 17: Hloubka odebrané třísky obrobku.....	26
Obrázek 18: Změna hloubky třísky pro hrubování	26
Obrázek 19: Frekvenční měnič MITSUBISHI FR–S520S–1	27
Obrázek 20: Průběh obráběcího cyklu – řízený posuv frekvenčním měničem	28
Obrázek 21: Povrch vzorku 1.....	29
Obrázek 22: Zkouška první.....	30
Obrázek 23: Povrch vzorku 2.....	30
Obrázek 24: Zkouška druhá.....	31
Obrázek 25: Povrch vzorku 3.....	31
Obrázek 26: Zkouška třetí	32
Obrázek 27: Povrch vzorku 4	32
Obrázek 28: Zkouška čtvrtá	32
Obrázek 29: Povrch vzorku 5	32
Obrázek 30: Zkouška pátá	33
Obrázek 31: Povrch vzorku 6	33
Obrázek 32: Zkouška šestá	34
Obrázek 33: Povrch vzorku 7	34
Obrázek 34: Zkouška sedmá	35
Obrázek 35: Prasklá VBD	35
Obrázek 36: Zkouška osmá	36
Obrázek 37: Povrch při 3. zkoušce	35
Obrázek 38: Povrch po soustružení načisto	36

Seznam tabulek

Tabulka 1: Chemické složení [hm. %].....	17
Tabulka 2: Rozměry VBD [6]	19
Tabulka 3: Vlastnosti VBD [6]	19
Tabulka 4: Hmotnost výkovku před povrchovou úpravou	25
Tabulka 5: Hmotnost výkovku po tryskání.....	25
Tabulka 6: Hmotnost odstraněných nečistot z výkovku	25
Tabulka 7: Řezné podmínky pro hrubování na JUS 28 [8]	25
Tabulka 8: Zavedené rychlosti posuvu a jejich použití [8].....	30
Tabulka 9: Změna frekvencí pro zkoušku 1	30
Tabulka 10: Změna frekvencí pro zkoušku 2	31
Tabulka 11: Změna frekvencí pro zkoušku 3	32
Tabulka 12: Změna frekvencí pro zkoušku 4	32
Tabulka 13: Změna frekvencí pro zkoušku 5	33
Tabulka 14: Změna frekvencí pro zkoušku 6	34
Tabulka 15: Změna frekvencí pro zkoušku 7	35
Tabulka 16: Změna frekvencí pro zkoušku 8	35

Seznam grafů

Graf 1: Strojní časy zkoušek	36
------------------------------------	----

Seznam příloh

Příloha A – Výkres náboje kola po soustružení

Příloha B – Protokol naměřených hodnot náboje